

<報文>中・高濃度懸濁液の沈降特性に及ぼす温度の影響

著者	江口 元徳
雑誌名	東北大学選鉱製錬研究所彙報 = Bulletin of the Research Institute of Mineral Dressing and Metallurgy, Tohoku University
巻	30
号	1
ページ	20-28
発行年	1974-09-30
URL	http://hdl.handle.net/10097/32691

中・高濃度懸濁液の沈降特性に及ぼす温度の影響

江 口 元 徳*

Temperature Dependency of Sedimentation Characteristics of Concentrated Aqueous Suspensions. By Motonori EGUCHI.

An experimental study on the effects of temperature on the sediment volumes and settling rates at a temperature range from 20 to 80°C was carried out, using concentrated aqueous suspensions of kaolin and ferric oxide. The experimental results are summarized as follows:

(1) The sediment volume in dispersed systems is found to be independent of temperature, while in flocculated systems, it is increased slightly with the increase of temperature. The critical concentration of KCl required for flocculation of kaolin is found almost independent of temperature.

(2) In flocculated systems with a lower solid concentration, straightline relationships are obtained at an early stage of the settling curves. Settling rates in such area are affected by the factors of solid concentration, ionic strength, and temperature.

(3) It was confirmed that the cluster model for flocculated kaolin suspension at 25°C is valid at higher temperatures, and found to be applicable not only to kaolin, but to ferric oxide.

(4) The physical properties of aggregates derived from the cluster model are discussed in connection with the properties of primary particles of the minerals.

(Received June 17, 1974)

1. 緒 言

鉱物資源を環境汚染なしに、効率よく処理する手段として、湿式製錬が重要視されてきているが、この際、常温以上の高い温度を利用する場合が少なくない。一方、廃水処理においても気温の変動による処理温度の変化のほか、積極的な高温利用の可能性¹⁾が考えられ、湿式処理工程に及ぼす温度の影響は非常に重要である。とくに固・液分離工程は湿式処理とは不可分の関係にあり、しかも最も遅い工程となりやすいが、分離速度に及ぼす温度の影響については定量的な研究がほとんどない。

著者は、水溶液処理における温度の問題として、化学反応論的^{2,3)}側面と並行して、固・液分離に対する温度の効果について基礎的な検討を続けてきた。後者に関してはすでに自由沈降系である稀薄懸濁液の清澄速度⁴⁾および非圧縮性粒子の濾過速度⁵⁾につき検討し、両者とも高温ほど著しく効果的な処理が期待できることを報告した。

本報ではこれに続き、通常の固体濃縮工程で重要な中・高濃度懸濁液の沈降容積、および凝集が起こる場合の界面沈降速度をイオン強度、固体濃度および温度の関数として測定し、沈降機構および凝集体の構造につき検討した結果を報告する。本報で扱う固体濃度では、自由沈降系というよりは干渉沈降系として扱う必要がある。なお前二報^{4,5)}を除いて水溶液懸濁系の挙動に及ぼす温度の影響に関する報告はないが、関係あるものとして、有機溶媒中の染料の沈降容積の温度依存性が報告⁶⁾されている。

選鉱製錬研究所報告 第667号 昭和49年度日本鉱業会春季大会(東京)にて発表

* 東北大学選鉱製錬研究所

1) 矢沢 彬, 江口元徳: 日本鉱業会昭和47年度秋季大会分科研究会資料, H-3, (1972).

2) 江口元徳, 矢沢 彬: 選研彙, **26** (1970), 153.; 日鉱, **87** (1970), 329.; 日本鉱業会研究業績講演要旨集, (1971), 271.; (1972), 225.

3) 江口元徳, 矢沢 彬: 日鉱投稿中.

4) 矢沢 彬, 臼井進之助, 江口元徳: 選研彙, **29** (1973), 89.

5) 江口元徳, 矢沢 彬: 選研彙, **29** (1973), 102.

6) L. Dintenfass: Kolloid Z., **162** (1959), 47.

2. 試料および実験方法

懸濁質として前報と同じカオリンおよび酸化第2鉄粉末を用いたが、両者ともに粒度は $1\sim 2\mu$ 程度の微細なものであった。

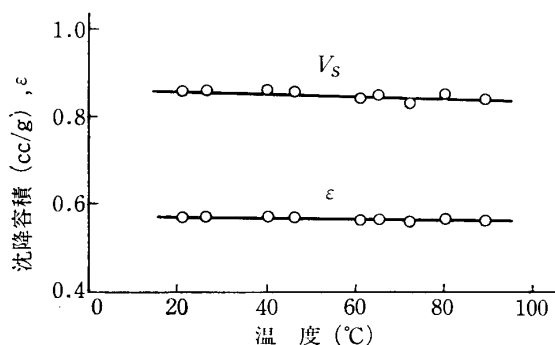
沈降試験は、所定の塩化カリウム濃度と固体濃度（本報では容積分率を採用し、以後 ϕ で表わす。）に調製した25ccの懸濁液を同容量の活せん付メスシリンダー中に密閉して行った。沈降高さは14.3cm、沈降管径は15mmであった。なお予備実験の結果、22mm径のシリンダーを用いた場合と沈降挙動に差がなかったため、対流を少なく保つためにこのシリンダーを採用した。系内を定常状態にするため実験に先立ち、懸濁液を入れたシリンダーを一定温度に制御した恒温槽中に置き、時々強く振とうしながら12時間保った。その後測定に移ったが、測定の際はシリンダーを取出し、一定のかくはん状態を与えるために、15秒間強く上下に振とうし、続く15秒間に8~10回シリンダーを上下逆転してゆるいかくはんを与えたあと恒温槽中に静置し、沈降界面を生ずる場合は界面沈降速度を測定した。沈降速度の測定は初め2~3回ほど沈降界面高さと時間の関係を観測し、後述のように定速沈降区間を確かめ、その後この区間内の一定距離を界面が移動する時間を測定した。本文の測定値は5~6回の平均値を採用した。各測定には温度の低下を考慮して、少なくとも30分の間隔をおいた。界面沈降速度の測定を終えたらそのまま放置し、通常24時間後に沈降容積を測定した。分散系ではきわめて沈降が遅いので、約10日ほど静置し、上澄液が澄んでから測定した。

溶液のpHはとくに調整しなかったが、カオリン懸濁液では5.5~6.0、酸化第2鉄懸濁液では6.0~6.5（常温で固相を濾別して測定したpH値）の間にあった。塩化カリウムは試薬特級、水は伝導度水を用いた。ほかに、沈降容積の比較のために前報⁵⁾の粗粒炭酸カルシウム試薬特級を用いたが、沈降速度がきわめて速く、沈降法による粒度分析では測定不可能であった。

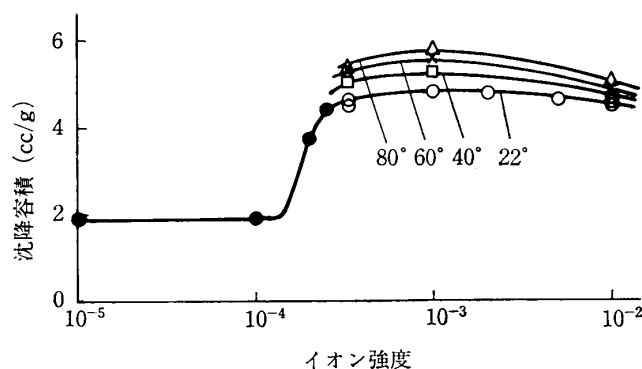
3. 沈降容積に及ぼすイオン強度と温度の影響

実験の沈降過程とは逆になるが、凝集・分散の最も簡単な目安となりうる沈降容積の測定結果から述べる。

本報で扱う微細な粒子の懸濁液と比較するために、粗粒炭酸カルシウムの沈降容積を測定した結果を第1図に示す。とくにpHの調節は行わず、固体濃度 $\phi_L=0.079$ の懸濁液を各温度に約12時間静置した結果であるが、沈降や堆積に対して重力と一次粒子の形状のみが作用する系と考えることができる。この場合は図に見るようにほとんど温度の影響はない。堆積層中の空隙率 ϵ を計算して併記したが、ほぼ $\epsilon=0.57$ 、すなわち充填率にして0.43となり、相当密な充填構造を形成することがわかる。

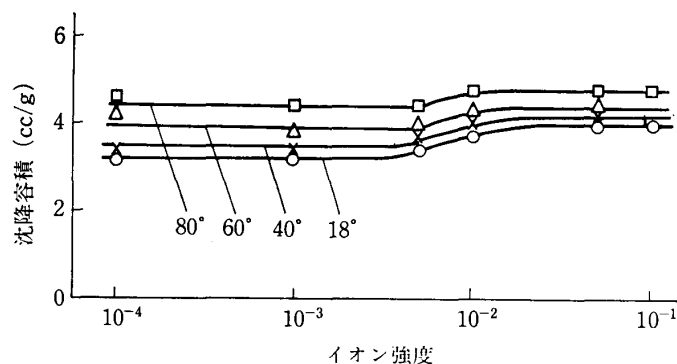


第1図 粗粒炭酸カルシウムの沈降容積 (V_s), 空隙率 (ϵ) におよぼす温度の影響 ($\phi_L=0.079$)



第2図 カオリンの沈降容積におよぼすイオン強度と温度の影響 ($\phi_K=0.0195$)

つぎにカオリン懸濁液につき、固体濃度を $\phi_K = 0.0195$ に固定し、イオン強度 (I) および温度を変化させて測定した結果を第2図に示した。黒丸以外の印はきれいな沈降界面を形成して沈降した場合を示し、黒丸は沈降界面ができず底部から沈積した場合を示す。 10^{-4} 以下のイオン強度では温度依存性がなく各温度で同じ値を示した。充填率は約 0.2 でききの炭酸カルシウムの場合よりは低い。一方、 3.3×10^{-4} 以上のイオン強度になると、沈降容積は低イオン強度の場合の2倍強に増加し、高温ほどわずかに高い値を示す。しかしこの差は大きなものではない。温度により若干の差はあるが、充填率はほぼ 0.1 で低イオン強度の場合より空隙の多い堆積構造をとっていることがわかる。カオリンの等電点⁷⁾は低 pH 値側にあり、本実験の pH 値では一般には分散する条件にあると考えられる。したがって本実験の結果は、イオン強度が 10^{-4} 以下では分散しており、高イオン強度領域では、イオン雰囲気圧縮により凝集が起こったことを示している。同図からカオリンに対する KCl の凝集濃度 (凝析価) は、各温度において $1 \sim 3.3 \times 10^{-4} \text{ mol/kgH}_2\text{O}$ 間にあることがわかる。



第3図 酸化第2鉄の沈降容積におよぼすイオン強度と温度の影響 ($\phi_H = 0.0155$)

酸化第二鉄の場合は、第3図に示したように、一定温度ではほとんどイオン強度の影響がない。酸化第二鉄の等電点⁷⁾は中性付近にあり、本実験の pH 値に近いので、イオン強度のいかんにかかわらず粒子同志の凝集が起こりやすいためと解することができる。しかし、同一イオン強度で比較すると高温ほど沈降容積が増す。Dintenfass⁶⁾は有機溶媒中の染料の沈降容積の測定から、分散系では温度依存性がなく、凝集系では高温ほど沈降容積が増すことを報告しており、本報の水溶液系の結果と一致する。

4. 界面沈降速度におよぼす温度の影響

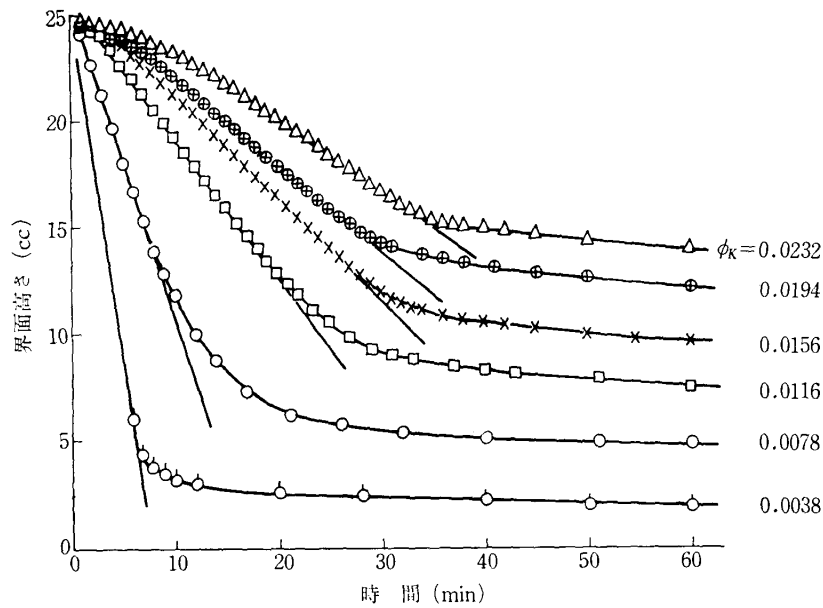
イオン強度が高くなると、きれいな沈降界面を形成した。つぎにこの界面沈降速度を固体濃度およびイオン強度を変えながら種々の温度で測定した結果について述べる。

4.1 界面の沈降挙動

沈降界面を形成する場合の界面沈降曲線は、温度によらずカオリン、酸化第二鉄ともに固体濃度に依存する特徴的な形を示した。沈降曲線の例として、種々のカオリン濃度の 22°C における沈降曲線を第4図に示した。図の例に見るように、固体濃度が比較的薄いと初め定速沈降が起こり、ある高さに達すると減速して曲線は折れ曲り、そのまま安定容積を示すまで緩慢に沈降する。固体濃度が増すと、初め沈降速度が非常に遅い区間を経てから定速沈降に入り、その後は前述の経過をたどる。固体濃度がきわめて高くなると、定速沈降区間はなくなり、前二者の最後の工程と同じ挙動をとる。最後の区間は圧密過程に対応しており、この解析⁸⁾のためには本研究の方法は不適當である。本報では干渉沈降の領域を扱うが、定速沈降以前の遅い区間では、とくに定量的な挙動を示さず、物理的な意味も不明なので、以後定速沈降区間につき検討し、特にことわらない限り沈降速度は定速区間のそれを指す。この区間は、初期の形に無関係に再現性のある沈降速度を示す。図の例に見るとおり、沈降速度は、固体濃度の影響を受け、固体濃度が高くなるほど遅くなる傾向に

7) 臼井進之助, 下飯坂潤三, 向井 信: 第24回コロイドおよび界面化学討論会講演要旨集, (1971), 132.

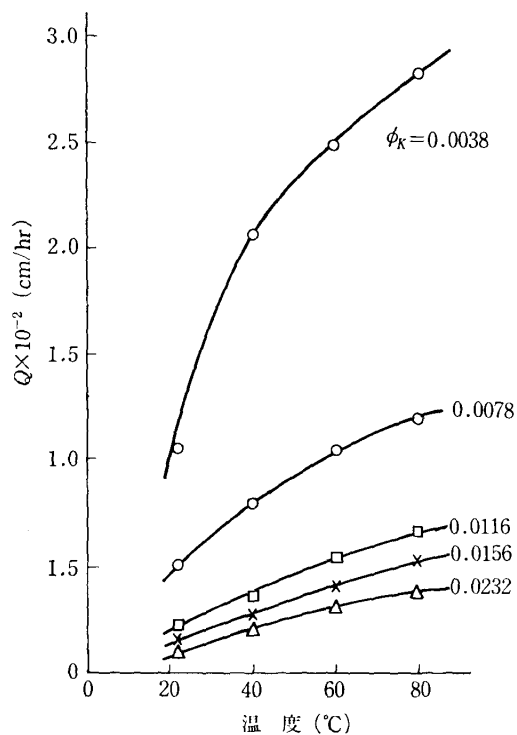
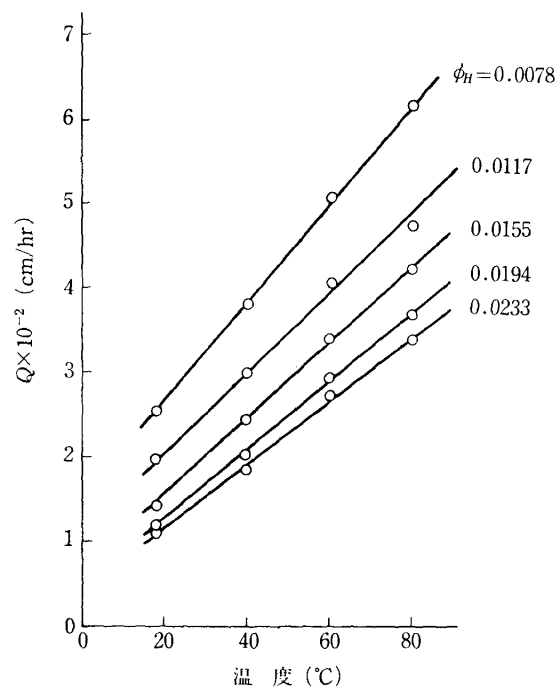
8) 佐藤敏彦, 江口元徳: 東北鉱山, 10 (1964), 94.

第4図 カオリン懸濁液の界面沈降曲線 ($I=10^{-3}$, 22°C)

ある。

4.2 沈降速度の固体濃度依存性

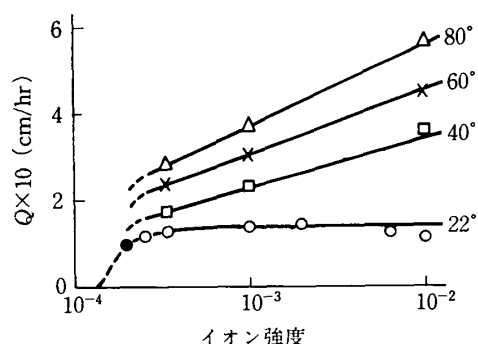
イオン強度を固定し、定速沈降区間の界面沈降速度を、固体濃度および温度の関数として測定した。イオン強度は、前述の沈降容積の測定結果を考慮し、充分凝集が起こりうるように選んだ。イオン強度を 10^{-3} に調整したカオリン懸濁液の結果を第5図に、イオン強度を 10^{-1} にした場合の酸化第2鉄の結果を第6図にそれぞれ示した。図に見るように、両系とも温度の影響はかなり大きく、

第5図 カオリンの界面沈降速度の温度依存性 ($I=10^{-3}$)第6図 酸化第2鉄の界面沈降速度の温度依存性 ($I=10^{-1}$)

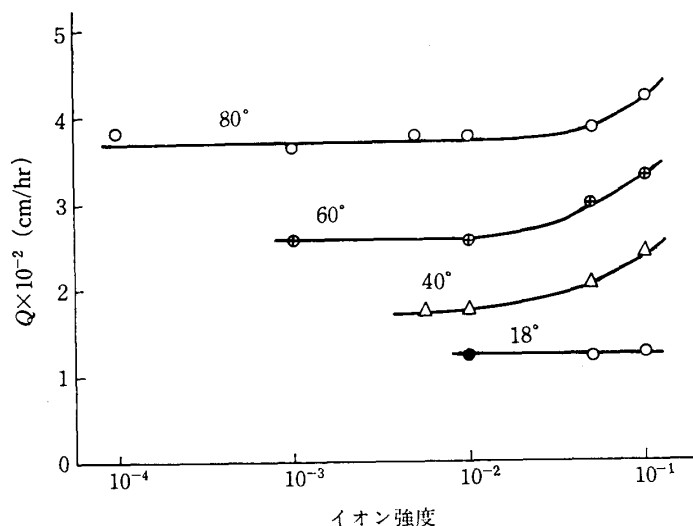
沈降速度は温度が高くなるほど速くなった。一方、一定温度における沈降速度は、固体濃度により異なり、稀薄な懸濁液ほど速くなる。この傾向は、第5図のカオリンの場合に特に顕著で、 $\phi_K > 0.0116$ ではそれほど大きな沈降速度の変化はないが、 $\phi_K < 0.0078$ では、稀薄になるにつれて著しく速度が増大する。この固体濃度に対する二種の型の変化は、沈降機構の相違によると考えられるが、この点に関しては、後に第9図並びに第10図に関連して述べる。

沈降速度の温度依存性は、さきの沈降容積の温度依存性を考慮すると、実用上重要な意味をもつ。すなわち、沈降容積はあまり変らないのに反して、沈降速度は温度が高くなるほど増加するので、溶液内の対流を防ぐことにより効果的な沈降処理が可能になる。

4.3 界面沈降速度のイオン強度依存性



第7図 カオリンの界面沈降速度におよぼすイオン強度と温度の影響 ($\phi_K = 0.0195$)



第8図 酸化第2鉄の界面沈降速度におよぼすイオン強度と温度の影響 ($\phi_H = 0.0155$)

前述の沈降容積の測定に用いた懸濁液の界面沈降速度の測定結果を第7図および第8図に示した。第7図のカオリンに対する結果の黒丸は、懸濁液調製直後に沈降界面を観測したもので、そのまま放置するとすぐに界面を形成しなくなったが、参考のために併記した。前述の沈降容積に関する第2図の傾向に対応し、イオン強度が 3.3×10^{-4} 以上でなければ沈降界面を形成しない。これ以上のイオン強度では界面を生じ、沈降速度は温度とイオン強度の両因子の影響を受けた。すなわち高温、高イオン強度の条件ほど速く沈降した。さきの沈降容積の傾向と対応すると、温度の影響は沈降容積に対しては比較的小さく、沈降速度に対しては大きい。また、高イオン強度領域で沈降容積が小

さくなるのに反して、界面沈降速度の方は増加する。これは沈降に際して、凝集体の密度が大になることに起因すると考えられ、後に考察する。

第8図の酸化第2鉄懸濁液では、温度とイオン強度により上澄液の透明度が異なり、濁りのために沈降界面を観測できない場合があった。図中の低イオン強度領域で高温の測定点がありながら、低温の測定点がない部分がこれに当たる。界面沈降速度はイオン強度が非常に高い条件で、 18°C を除き若干速くなったが、一般にイオン強度の影響よりは温度の影響のほうが強い。しかし、低イオン強度での界面の観察や高イオン強度における沈降速度の傾

向から考えると、等電点に近い pH 値にある酸化第2鉄一水系においても、完全な急速凝集系ではなく、熱運動エネルギーの増加とイオン雰囲気圧縮が凝集速度を速めていると考えられる。なお、沈降試験の際にイオン強度が 0.1 の場合には、各温度において器壁への粒子の付着はなかったが、イオン強度が低いと器壁への粒子の付着が起り、この傾向は低温、低イオン強度の場合に顕著であった。

5. 考 察

5.1 クラスターモデルの適用性

界面沈降速度の温度依存性を沈降機構、および沈降体の構造との関連から考察するために、25°Cにおけるカオリン懸濁液を用いて提案された凝集沈降に関するクラスターモデル⁹⁾の他の系ならびに常温以外の温度への適用性を検討する。同モデルでは、流動の最小単位を一次粒子が凝集したフロックとし、沈降過程のように強いせん断力を受けない場合には、フロック同志がさらに凝集体（アグレゲート）を形成すると考える。フロックや凝集体は付着力とせん断力の釣り合いにより一定の大きさを持ち、かくはん条件を一定にすると、一定の径を有する球とみなすことができる。沈降に際して、固体濃度が比較的低いとそれぞれの凝集体は単独に干渉沈降を行うが、固体濃度が高いと、まわりの凝集体と連結して網目構造を組み、器壁まで達して、壁との摩擦抵抗を受けつつ沈降する。

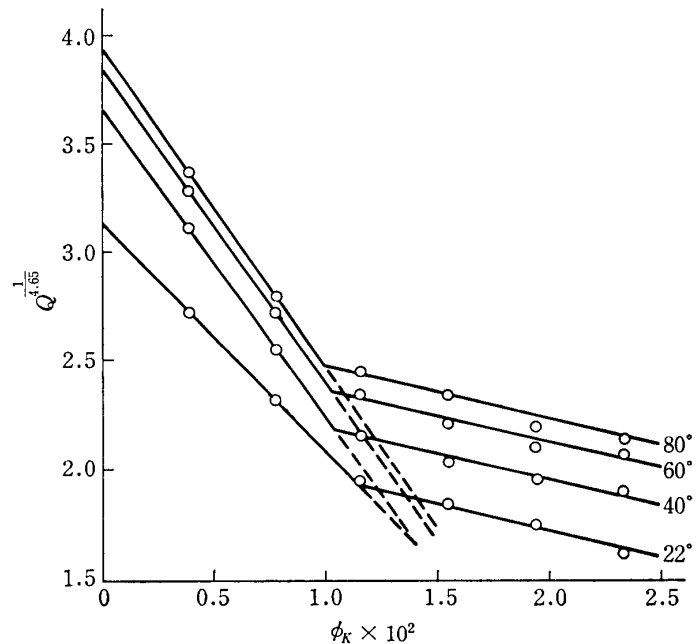
上記モデルに従うと、固体濃度により異なった沈降機構をとることになるが、固体濃度が比較的低く、凝集体が単独球として干渉沈降する場合の界面沈降速度 Q (cm/hr) は、固体濃度 ϕ_i と、

$$Q = V_{s,A} (1 - C_{A,i} \cdot \phi_i)^{4.65} \quad (1)$$

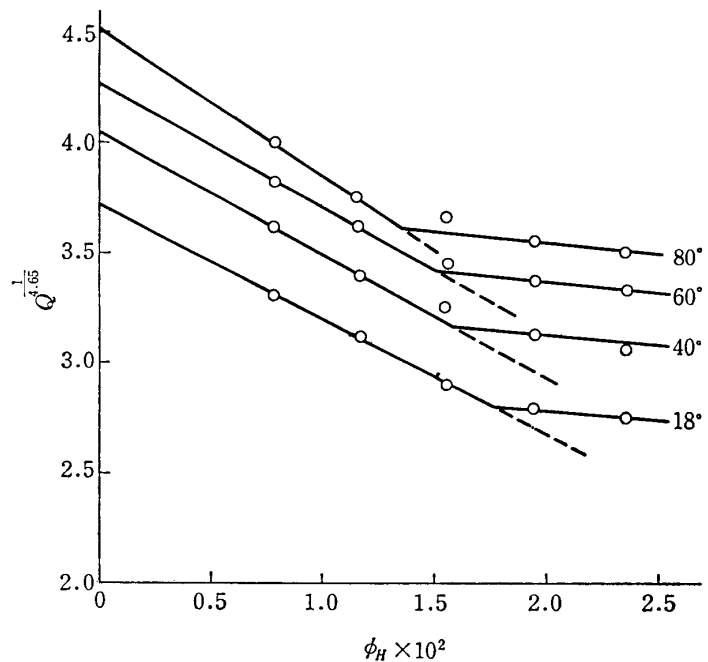
$$V_{s,A} = \frac{g(\rho_i - \rho_{H_2O}) \bar{d}_A^2}{18 \eta \cdot C_{A,i}} \quad (2)$$

の関係⁹⁾にある。ここで $C_{A,i}$ は凝集体と一次粒子間の濃度比で、凝集体中の固体濃度の逆数になる。 $V_{s,A}$ は凝集体のストークス速度を表わし、 ρ_i 、 ρ_{H_2O} はそれぞれ固体と水の密度、 η は水の粘度 (C. P)、 g は重力の加速度で、 \bar{d}_A は凝集体の平均粒径 (μ) を表わす。(1) 式からわかるように、固体濃度 ϕ_i に対して $Q^{1/4.65}$ を図示すると、こう配が $-V_{s,A}^{1/4.65} \cdot C_{A,i}$ で切片が $V_{s,A}^{1/4.65}$ の直線となる。沈降機構を異にする固体濃度の高い領域では、この直線からの偏倚を生ずるはずである。

本実験のカオリンおよび酸化第二鉄の各温度の結果を、上記表示に従って第9図および第10図に示した。両図



第9図 カオリンに対する $Q^{1/4.65}$ と ϕ_K の関係 ($I=10^{-3}$)



第10図 酸化第2鉄に対する $Q^{1/4.65}$ と ϕ_H の関係 ($I=10^{-1}$)

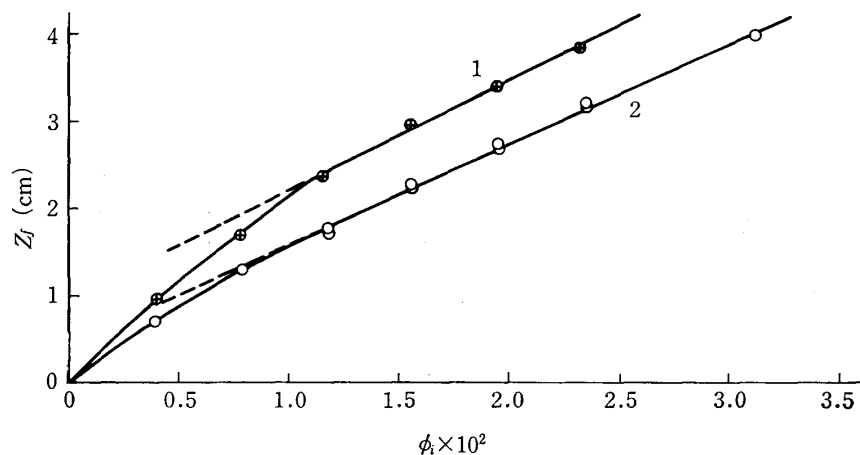
9) A. Michaels and J. Bolger: I & EC Fundamentals, 1 (1962), 25.

に見るように、ある固体濃度を境に急こう配の低固体濃度領域と、極端にこう配の低い高固体濃度領域の2つの部分に分れている。低固体濃度領域では(1)式を満足し、高固体濃度側では構造の変化のために曲折を生じたものと考えられる。

一方、第9図、第10図の曲折後の高固体濃度領域では、網目構造体の沈降が起こる。このような場合の界面沈降速度は、器壁との相互作用が強く、容器の大きさが影響するほか、解析に当って懸濁液としての粘度の値が必要なので、本実験の範囲では定量的な解析ができない。しかし、このような網目構造体を形成して沈降した場合の最終の沈降層の高さ Z_f (cm) と固体濃度間には、

$$Z_f = \frac{C_{F,i} \cdot Z_0}{0.62} \phi_i + b \quad (3)$$

の関係⁹⁾がある。ここで $C_{F,i}$ はフロック中の固体濃度の逆数、 Z_0 は水面高さ、 b は系により定まる定数である。 $C_{F,i}$ は初めのかくはん条件により一定と仮定するので、 ϕ_i に対して Z_f を図示すると直線を得る。本実験の最終沈降高さの温度依存性は大きなものではなく、層高の値自体も小さく、精度を考えると定量的な考察には不適なので、一例として室温における最終沈降高さと固体濃度の関係を第11図に示した。第9図、第10図の屈折点の固体濃度を境にして、高濃度領域ではほぼ直線となる。それゆえ高固体濃度側では、(3)式の仮定を充分満足すると考えられる。



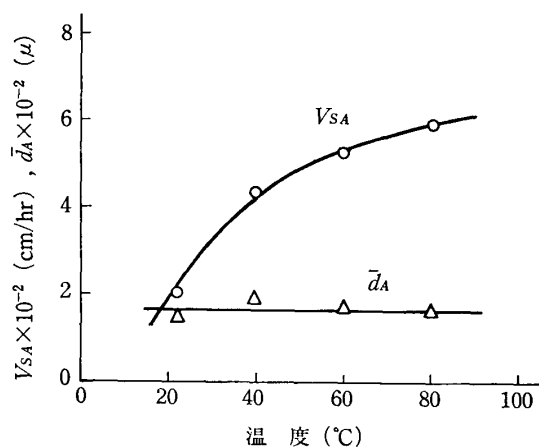
第11図 最終沈降高さと固体濃度の関係

1. カリオン: 22°C, $I=10^{-3}$ 2. 酸化第二鉄: 18°C, $I=10^{-1}$

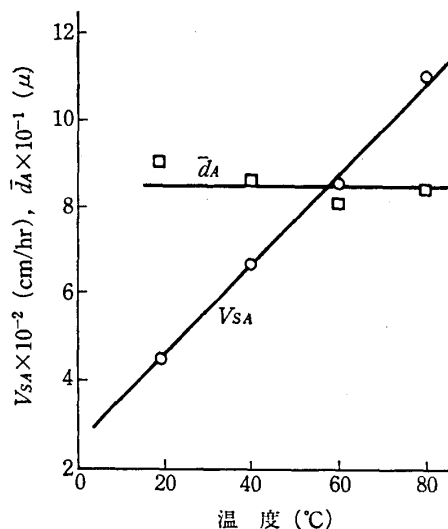
(1), (3) 式を同時に満たすことから、クラスターモデルはカオリン懸濁液以外に、酸化第二鉄懸濁液にも適用できること、さらに、同モデルは高い温度の懸濁液の解析にも有効であることがわかった。これらの事実から考えて、一般の凝集沈降モデルとして、上記クラスターモデルは広く適用しうるものと思われる。

5.2 凝集体の構造

第9図、第10図の切片から求めた凝集体のストークス速度を第12図および第13図に示した。カオリン、酸化第二鉄はともに高温ほどストークス速度が高くなるが、カオリンでは高温部で飽和する傾向にあるのに反して、酸化第二鉄の場合はその傾向が実験温度以内では表われない。つぎに、第9図、第10図のこう配と切片および(2)式から、凝集体の沈降径を求め、第12図、第13図に併記した。図に見るように、カオリンおよび酸化第二鉄はともに、温度によらずほぼ一定の傾向を示し、低固体濃度領域における界面沈降速度の温度依存性は、おもに水の物性値の温度依存性を反映したものと思われる。第2図、第3図において、温度の上昇によりわずかながら沈降容積に増加の傾向がみられたのに対し、第12図、第13図におけるストークス径には余り変化が認め



第12図 中濃度カオリン懸濁液中の凝集体のストークス速度と平均径の温度依存性
($\phi_K < 0.008$) $C_{A \cdot K} \approx 37$



第13図 中濃度酸化第2鉄懸濁液中の凝集体のストークス速度と平均径の温度依存性
($\phi_K < 0.015$) $C_{A \cdot K} \approx 14$

られないが、特に高温においては対流の影響を完全に除くことが困難であることを考慮すると、本研究の広い温度範囲にわたって沈降径を厳密に論ずるには若干問題があるものと思われる。ただし、カオリンと酸化第2鉄間の凝集体の平均径にはかなりの差がみられ、前者に対して約 170μ 、後者に対して約 85μ となる。さらに、凝集体中の固体濃度を同様に求めると、両系とも温度依存性を示さず、カオリンに対して約 3%，酸化第2鉄に対して約 7% を得た。すなわち、カオリンと酸化第2鉄を比較すると、カオリンは、低充填密度で大きな凝集体を形成し、酸化第2鉄は、高充填密度の小粒を形成したことになる。

この相違は、凝集体というよりは、これを構成するブロックの構造に起因すると考えられる。酸化第2鉄の場合は、一次粒子の等方性の凝集が可能であるが、板状粒子であるカオリンは、凝集に際して異方性¹⁰⁾がある。力学的な安定性という点では、カードパック構造をとるはずで、この時の充填率が高い。しかし、板状粒子の面と側壁では、異なった荷電状態が可能で、条件によっては面と側壁の付着によるカードハウス構造をとり、空隙率の高いブロックを形成する。本実験の条件では、カードハウス構造を組むため、空隙率が高くなったと考えられる。さらに、第2図ならびに第7図では、イオン強度が非常に高くなると、沈降容積はむしろ減少する傾向を示すのに反して、沈降速度は逆に高くなる傾向を示した。これは電気二重層の圧縮と、Stern 層電位の低下が起こり、一部カードパック構造を生じ、充填密度が高くなったためと考えられる。

6. 総 括

従来等閑視されてきた、固・液分離におよぼす温度の影響の基礎研究の一環として、通常の濃縮工程で実用されている程度の固体濃度の、カオリンおよび酸化第2鉄懸濁液の沈降容積、ならびに凝集系の界面沈降速度の温度依存性を、イオン強度および固体濃度の関数として検討した。要約するとつぎのようである。

- (1) 一定の固体濃度で、イオン強度を変化させて沈降容積を測定し、分散系では温度に無関係であるが、凝集系では、高温ほどわずかに増大する傾向にあることがわかった。カオリンに対する KCl の凝集濃度は、各温度とも $1 \sim 3.3 \times 10^{-4} \text{ mol/kgH}_2\text{O}$ 間にあり、温度による差は

10) R. Schofield and H. Samson: Discuss. Faraday Soc., **18** (1954), 135.

認められなかった。

- (2) 凝集系の界面沈降に際して、適当な固体濃度であると定速沈降区間が存在した。
- (3) イオン強度を一定に保ち、固体濃度を変えて界面沈降速度を測定した。同一固体濃度では、高温ほど沈降速度が増加し、同一温度では固体濃度が低いほど速くなることがわかった。
- (4) 一定の固体濃度で、イオン強度を変化させて界面沈降速度を測定した。カオリンの場合の沈降界面の形成は、沈降容積による凝集分散の観察と一致した。酸化第2鉄では温度により界面形成のための必要イオン強度が変り、高温ほど低イオン強度での界面の観測が可能であった。同じ温度では凝集系の界面沈降速度は、イオン強度の影響を受け（とくにカオリン）、温度の効果は大であった。
- (5) 実験結果を用いて、凝集沈降に関するクラスターモデルを検討し、カオリン以外に酸化第2鉄—水系にも適用できること、ならびに種々の温度において適用できることを実証した。この事実から、同モデルは凝集系の沈降に対して、応用性が広いものと考えられる。
- (6) クラスターモデルにより推定した凝集体の物理的性質を、フロック中の一次粒子の性質と関連させて考察した。

最後に、本研究遂行に当たり、終始温かい御指導と適切な御助言を賜った当研究所、工学博士 矢沢 彬教授ならびに有益な御討論と御助言を賜った同 工学博士 臼井進之助教授に深甚な謝意を表します。

記 号

- b : (3) 式の定数 (cm)
- $C_{A,i}$: 凝集体と一次粒子間の濃度比 (凝集体中の一次粒子の容積比) (—)
- $C_{F,i}$: フロックと一次粒子間の濃度比 (フロック中の一次粒子の容積比) (—)
- \bar{d}_A : 凝集体の平均径 (μ)
- g : 重力の加速度 ($= 980$) ($\text{cm} \cdot \text{sec}^{-2}$)
- I : イオン強度 ($\text{mol} \cdot (\text{kgH}_2\text{O})^{-1}$)
- Q : 定速界面沈降速度 ($\text{cm} \cdot \text{hr}^{-1}$)
- $V_{S,A}$: 凝集体のストークス速度 ($\text{cm} \cdot \text{hr}^{-1}$)
- Z_0 : 水面高さ (cm)
- Z_f : 最終沈降高さ (cm)
- ϕ_i : 固体の容積率 (固体濃度) (—)
- ρ_i : 固体の密度 ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
- $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$: 水の密度 ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
- η : 水の粘度 (C. Poise)
- i : 固体の種類を示す添字 (L: 炭酸カルシウム, H: 酸化第2鉄, K: カオリン)